

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-191574
(43)Date of publication of application : 21.07.1998

(51)Int.Cl.

H02J 7/02
H01M 10/44

(21)Application number : 08-348624 (71)Applicant : JAPAN TOBACCO INC
INTEGURAN KK

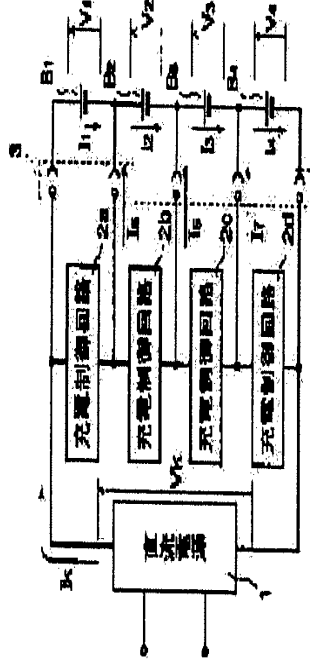
(22)Date of filing : 26.12.1996 (72)Inventor : KANEKO TADASHI

(54) CHARGING EQUIPMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to efficiently charge each battery with a good balance by performing optimization control for voltage between terminals of a plurality of batteries by performing ON/OFF operation for switch element by a voltage between terminals of batteries based on the output of a comparator.

SOLUTION: Each charging control circuit 2a to 2d is equipped with switch elements connected in parallel between both the ends of batteries B1 to B4 constituting sets of batteries through a connector portion 3, a reference voltage source generating a predetermined reference voltage, and a drive circuit selectively driving switch elements with a constant current in accordance with the output of a comparator for comparing the voltages between the terminals of the batteries B1 to B4 to a predetermined reference voltage. And if the voltage between the terminals reaches a safe charging voltage, the switch elements are driven by a constant current, a charging current for the battery is reduced by a certain value and trailed to a safe charging current region; and for other batteries which have not reached the safe charging voltage, a current portion forcibly drawn by the switch element is returned and the maximum charging current is secured.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]

EXHIBIT A

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

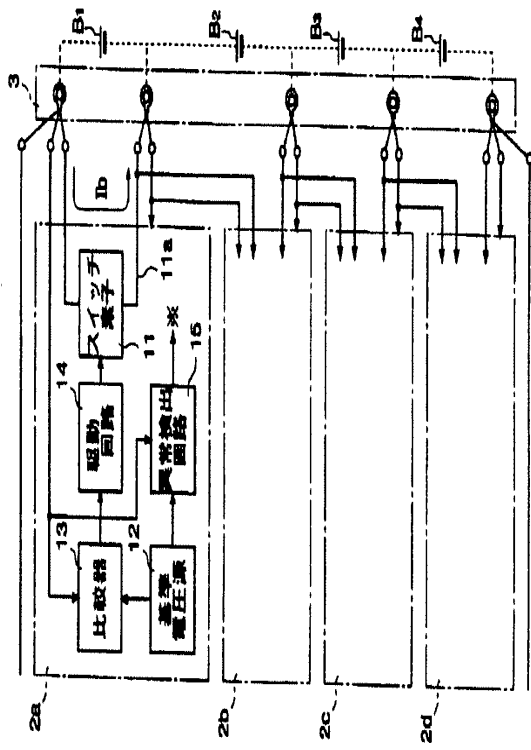
| | | | |
|--------------|-------|-------------------|-------|
| (51)Int.Cl.* | | 識別記号 | |
| H 0 2 J | 7/02 | F I | H |
| H 0 1 M | 10/44 | H 0 2 J | 7/02 |
| | | H 0 1 M | 10/44 |
| | | | Q |
| (21)出願番号 | | 特願平8-348624 | |
| (22)出願日 | | 平成8年(1996)12月26日 | |
| (71)出願人 | | 000004569 | |
| (71)出願人 | | 日本たばこ産業株式会社 | |
| (71)出願人 | | 東京都港区虎ノ門二丁目2番1号 | |
| (71)出願人 | | 592092353 | |
| (71)出願人 | | インテグレーション株式会社 | |
| (71)出願人 | | 東京都大田区矢口1丁目23番12号 | |
| (72)発明者 | | 金子 正 | |
| (72)発明者 | | 東京都白河市薬ノ木平63-3 | |
| (74)代理人 | | 井理士 長門 侃二 | |
| 審査請求 | | 未請求 | |
| 請求項の数 | | 5 | |
| O L | | (全 12 頁) | |

(54) 【発明の名称】 充電装置

(57) 【要約】

【課題】 直列接続された複数の電池の電池の各充電電圧を最適化管理しながら各電池をバランス良く効率的に充電し得る構成の簡単な充電装置を提供する。

【解決手段】 直列接続した複数の電池の両端間に接続され、最大供給電流量で定電流動作する直流電源と、前記各電池に並列接続されて一定量の電流をバイパス制御する複数の充電制御回路とを備えている。前記各充電制御回路を、電池に対して並列接続されて選択的に定電流駆動される F E T と、安全充電電圧と最適充電電圧とを閾値とするヒステリシス特性を有して前記電池の端子間電圧を判定する比較器と、この比較器の出力に基づいて前記電池の端子間電圧が上記安全充電電圧に達したときに F E T をオン動作させ、前記電池の端子間電圧が上記最適充電電圧より低下したときに F E T をオフ動作させる駆動回路とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の電池を直列接続した組電池の両端間に接続され、規定された最大供給電流量で定電流動作する直流電源と、前記各電池の両端間にそれぞれ接続されて前記直流電源から前記各電池に供給される電流を一定量バイパス制御する複数の充電制御回路とを具備し、前記各充電制御回路は、電池に対して並列に接続され、選択的に定電流駆動されて一定量の電流を流すスイッチ素子と、所定の基準電圧を生成する基準電圧源と、上記所定の基準電圧に基づいて設定される前記電池の安全充電電圧と最適充電電圧とを閾値とするヒステリシス特性を有し、前記電池の端子間電圧を判定する比較器と、この比較器の出力に基づいて前記電池の端子間電圧が上記安全充電電圧に達したときに前記スイッチ素子をオン動作させて定電流駆動し、前記電池の端子間電圧が上記最適充電電圧よりも低下したときに前記スイッチ素子をオフ動作させる駆動回路とを備えたことを特徴とする充電装置。

【請求項 2】 前記各充電制御回路は、前記各電池に並列に作用して前記直流電源からの印加電圧を分割する役割を担うことを特徴とする請求項 1 に記載の充電装置。

【請求項 3】 前記基準電圧源は、充電制御回路の印加電圧から電池の安全充電電圧または最適充電電圧に相当する所定の基準電圧を生成するものである。

【請求項 4】 前記各充電制御回路は、前記スイッチ素子の電流ラインと前記電池の端子間電圧検出ラインとを独立に備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の充電装置。

【請求項 5】 前記各充電制御回路は、前記電池の過充電直前および過放電直前を監視する異常検出回路を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の充電装置。

【請求項 6】 前記各充電制御回路は、前記電池の過充電直前および過放電直前を監視する異常検出回路を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の充電装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数の電池、例えば Li-Ion 電池を直列接続した組電池を充電するに好適な充電装置に関する。

【0002】

【関連する背景技術】 近時、工業用ロボットや電気自動車等の動力源として、エネルギー効率の高い Ni-Cd 電池や Li 電池、更には Ni-H 電池等の、所謂イオン電池を用いることが試みられている。この種のイオン電池は 1 単位セル当たり 4.0 ~ 4.2 V の出力を有し、一般的には複数個の電池（セル）を直列接続して用いられる。

【0003】 とるでイオン電池の電極を構成する材料は、その過充電や過放電によって溶解して破壊するので、その充電電圧を厳重に管理する必要がある。しか

も直列接続されたイオン電池間の充電容量に大きな差があると、その充電容量差が負荷となって全ての電池の充電容量の低下を招く等の問題が生じる。これ故、特に複数のイオン電池を直列に接続した状態で充電する場合、各電池の特性のバラツキに依存することなく、全ての電池を最適充電電圧まで充電する必要がある。

【0004】 さて特公平 6 - 28491 号公報には、直列接続された複数の電池の中の特定の電池だけが過放電する状態を避けるべく、その自己放電電流に相当する細流充電電流を各電池に定期的に供給しながら（充電しながら）、各電池にそれぞれ接続された充電調整装置（インピーダンス回路）にて上記充電電流を、その充電電圧に応じてアナログ的に分流し、これによって各電池の充電電圧を一定化する技術が開示される。

【0005】 しかしこの公報に開示の技術は、例えば 300mA 程度の僅かな充電電流をアナログ的にバイパス制御するに過ぎない。この為、例えば電気自動車に搭載される電池を充電する場合のように 10A 以上の大きな充電電流を、その充電電圧に応じて分流制御しようとしても、上述した如くアナログ的に動作させるインピーダンス回路ではその負荷損失が極めて大きくなり、実質的にこれを実現することが甚だ困難となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 このような問題を解決するべく、例えば特開平 8 - 19188 公報には、直列に接続された複数の電池にそれぞれバイパス回路を設け、各電池の充電電圧の内の最も低い充電電圧と他の電池の充電電圧との電圧差が所定値を越えたとき、上記他の電池に接続されたバイパス回路を導通させてこれらの電池に対す充電を停止させ、また上記電圧差が小さくなったときに上記バイパス回路を遮断することです電池の充電を再開し、これによって各電池の充電電圧を一定化する手法が開示される。

【0007】 しかしながら上記公報に示される技術においては、複数の電池間の充電電圧の差に従って各電池に対する充電を停止制御（充電電流のバイパス制御）し、充電電圧の最も低い電池に合わせながら充電を進めることになるので、その充電に時間が掛かると言う問題がある。しかも充電電圧の差に応じて充電電流のバイパス量（バイパス電流量）を変える場合には、例えばバイパス回路を PWM 制御することが必要になる等、その構成が複雑化すると言う問題が生じる。

【0008】 本発明はこのような事情を考慮してなされたもので、その目的は、直列接続された複数の電池の各端子間電圧を最適化管理しながら各電池をバランス良く効率的に充電することのできる構成の簡単な充電装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上述した目的を達成するべく本発明に係る充電装置は、複数の電池を直列接続し

た組電池の両端間に接続され、規定された最大供給電流量で定電流動作する直流電源と、前記各電池の両端間にそれぞれ接続されて前記直流電源から前記各電池に供給される電流を一定量バイパス制御する複数の充電制御回路とを具備したものであって、特に前記各充電制御回路を、電池に対して並列に接続されて選択的に定電流駆動され、前記電池に供給される電流中の一定の電流流量を強制的に引き込んでバイパスするFET等のスイッチ素子と、所定の基準電圧を生成する基準電圧源と、上記所定の基準電圧に基づいて設定される前記電池の安全充電電圧と最適充電電圧とを閾値とするヒステリシス特性を有して前記電池の端子間電圧を判定する比較器と、この比較器の出力に基づいて前記電池の端子間電圧を上記安全充電電圧に達したときに前記スイッチ素子をオン動作させて定電流駆動し、前記電池の端子間電圧を上記最適充電電圧より低下したときに前記スイッチ素子をオフ動作させる駆動回路とを備えて構成したことを特徴としている。

【0010】つまり複数の電池を直列接続した組電池の両端間に、規定された最大供給電流量で定電流動作する直流電源を接続することで、電池がその充電容量に応じた内部インピーダンス変化を生じるまで上記最大供給電流量にて充電するようにしている。一方、充電容量の増大に伴う内部インピーダンス変化を生じながら電池の端子間電圧が安全充電電圧に到達した場合には、その電池に接続されたスイッチ素子を定電流駆動することで、その充電電流の一部を強制的にスイッチ素子側に引き込んで該電池に対する充電電流を一定量低減し、その充電電流を安全充電電流領域まで垂下させる。また他の安全充電電圧にて強制的に引き込んだ電流に対しては上記スイッチ素子に最大の充電電流を確保する。また上記スイッチ素子の定電流駆動によって電池に対する充電電流が負となり、換言すれば電池から電流が引き出されて放電が生じ、その充電電圧（端子間電圧）が前記最適充電電圧から低下した場合には、スイッチ素子をオフ動作させることでその電池に対する充電を再開させ、これによって各電池の内部インピーダンス変化に応じた最大充電電流にて効率的に充電するようにしたことを特徴としている。

【0011】特に請求項2に記載するように、各充電制御回路においては、前記各電池に並列に作用して前記直流電源からの印加電圧を分割する役割を担うことで、上述した作用を効果的に果たすようにしたことを特徴としている。また請求項3に記載するように、前記基準電圧源においては充電制御回路に加わる電圧、具体的には直流電源の出力電圧を複数の充電制御回路にて分圧した電圧、或いは電池の端子間電圧から該電池の安全充電電圧または最適充電電圧に相当する所定の基準電圧を生成するようにし、前記比較器においては前記電池の端子間電圧を分圧して該電池の端子間電圧に相当する電圧を求

め、前記基準電圧に基づいて設定される前記電池の安全充電電圧と最適充電電圧を閾値とするヒステリシス特性の下で前記電池の端子間電圧を判定することを特徴としている。つまり充電制御回路に加わる電圧の範囲内で、電池の安全充電電圧および最適充電電圧と電池の端子間電圧との比較を高精度に行い、その比較結果に基づいて前記スイッチ素子の作動を制御することを特徴としている。

【0012】更に請求項4に記載の発明は、前記各充電制御回路における前記スイッチ素子の電流ラインを、比較器や駆動回路等の電源ラインとは独立させたことを特徴としており、これによってスイッチ素子の作動状態に影響されことなく電池の端子間電圧の変化に応じた高精度な制御動作を保証するものとなっている。また請求項5に記載の発明は、更に前記各充電制御回路に、前記電池の過充電直前および過放電直前の状態を監視する異常検出回路を設けることで、個々の電池が過充電および過放電に至る前に速やかに対処し得るようにしたことを特徴としている。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の一実施形態に係る充電装置の詳細について説明する。図1は、例えば4個のLiイオン電池B1、B2、B3、B4を直列接続した組電池の充電に用いられる充電装置の概略構成図で、1はDC-DCコンバータ、或いはAC-DCコンバータからなる直流電源である。この直流電源1は、基本的に図2に示すように、予め規定された最大供給電流値Ikで定電流動作し、その供給電流量が低下した状態で定電圧動作する定電流・定電圧電源からなる。上記最大の供給電流値Ikは、Liイオン電池B1、B2、B3、B4の充放電特性に応じた設定されるもので、例えば7Aとして定められる。また上記定電圧動作時の出力電圧V_kは、前記各Liイオン電池B1、B2、B3、B4の最適充電電圧V_{std}の和、具体的にはLiイオン電池B1、B2、B3、B4の最適充電電圧V_{std}が4.16Vである場合には、16.6V（≒4.16V×4個）となるように設定される。

【0014】しかし前記直流電源1には、前記Liイオン電池B1、B2、B3、B4にそれぞれ並列接続される4つの充電制御回路2（2a、2b、2c、2d）が直列に接続され、前記Liイオン電池B1、B2、B3、B4からなる組電池に対する充電装置が構成される。上記各充電制御回路2（2a、2b、2c、2d）は、前記Liイオン電池B1、B2、B3、B4に並列に作用して前記直流電源1から印加される電圧がLiイオン電池B1、B2、B3、B4間にて分割されるようにし、更に前記直流電源1から前記Liイオン電池B1、B2、B3、B4に供給される電流を、後述するように各Liイオン電池B1、B2、B3、B4の端子間電圧に応じてそれぞれ一定量バイパス制御するものである。

【0015】このような直流電源1および複数の充電制

制御回路 2 (2a, 2b, 2c, 2d) を具備した充電装置に対して、その充電対象である上記組電池はコネクタ部 3 を介して連結される。これによって組電池の両端間が直流電源 1 に接続され、且つ組電池を構成する各 Liイオン電池 B1, B2, B3, B4 が前記各充電制御回路 2 (2a, 2b, 2c, 2d) にそれぞれ並列接続される。

【0016】尚、ここでは 4 個の Liイオン電池 B1, B2, B3, B4 を充電する充電装置について説明するが、直列接続された 8 個の Liイオン電池、更にはそれ以上の直列接続された Liイオン電池を充電する場合には、例えば図 3 に示すように上記構成の充電装置を複数個直列に設けるようにすれば良い。即ち、直列に接続された 4 個の Liイオン電池を 1 単位としながら、各 Liイオン電池に対する充電を制御するように構成すれば良い。

【0017】さて前記各充電制御回路 2 は、概略的には図 4 に示すようにコネクタ部 3 を介して前記組電池を構成する電池 B (Liイオン電池 B1, B2, B3, B4) の両端間に並列接続されるスイッチ素子 11 と、所定の基準電圧を発生する基準電圧源 12 と、前記電池 B の端子間電圧と上記所定の基準電圧とを比較する比較器 13 と、この比較器 13 の出力に従って前記スイッチ素子 11 を選択的に定電流駆動する駆動回路 14 とを備えている。更に各充電制御回路 2 は、前記電池 B の端子間電圧を検出して該電池 B の過充電および過放電直前の状態 (過充電を示す異常高電圧、過放電を示す異常低電圧) を検出する異常検出回路 15 とを備えて構成される。

【0018】スイッチ素子 11 は駆動回路 14 により選択的に定電流駆動され、オン動作によってその電流ライン 11a に一定量の電流 Ib を流すものであり、これによって前記 Liイオン電池 B に供給される電流がスイッチ素子 11 を介して強制的に引き込まれる。このスイッチ素子 11 を介して一定量引き込む電流量 (定電流量) Ib は前記電池 B (Liイオン電池 B1, B2, B3, B4) の充放電特性に応じて、例えば前記最大供給電流値 Ik の 1/2 ~ 1/3 程度、具体的に 3 A として設定される。

【0019】このように機能するスイッチ素子 11 の動作を前記駆動回路 14 を介して制御する前記比較器 13 は所定のヒステリシス特性を有して前記 Liイオン電池 B の端子間電圧を判定するものである。この比較器 13 のヒステリシス特性は、例えば前記基準電圧源 12 において生成された前記 Liイオン電池 B の安全充電電圧 Vmax に相当する所定の基準電圧を 1 つの閾値とし、他方の閾値を上記基準電圧に基づく内部回路特性として設定することにより実現される。尚、この他方の閾値は、例えば前記 Liイオン電池 B の最適充電電圧 Vstd に相当する電圧として設定される。また比較器 13 を 2 段階構成された高利得増幅器にて実現し、上記安全充電電圧 Vmax と最適充電電圧 Vstd (Vmin) とをそれぞれ独立に与えるようにしても良い。

【0020】しかして比較器 13 は、基本的には前記 L

イイオン電池 B の端子間電圧 Vb と前記安全充電電圧 Vmax と最適充電電圧 Vstd (Vmin) とを比較する。そして Liイオン電池 B の端子間電圧 Vb が、前記安全充電電圧 Vmax に達したときにスイッチ素子 11 をオン動作させ、また上記 Liイオン電池 B の端子間電圧 Vb が前記安全充電電圧 Vmax よりも所定量だけ低い停止電圧 Vmin よりも低くなったとき、つまり最適充電電圧 Vstd よりも低下したときに前記スイッチ素子 11 をオフ動作させるものとなっている。即ち、比較器 13 は、Liイオン電池 B の特性に応じて設定される図 5 に示すようなヒステリシス特性の下で、電池 B の端子間電圧 Vb と前記安全充電電圧 Vmax および停止電圧 Vmin とを比較しており、端子間電圧 Vb が安全充電電圧 Vmax に達したときから停止電圧 Vmin よりも低くなるまでの期間に亘って前記スイッチ素子 11 を選択的にオン動作 (導通) させるものとなっている。

【0021】尚、電池 B が上述した Liイオン電池である場合、その最適充電電圧 Vstd が 4.16 V 程度であることから、例えば前記安全充電電圧 Vmax は 4.20 V に設定される。また前記停止電圧 Vmin は、例えばその最適充電電圧 Vstd (4.16 V) として設定されるが、最適充電電圧 Vstd よりも僅かに低く設定しておくようにしても良い。また前記比較器 13 は、実際的には後述するように、分圧回路にて前記電池 B の充電電圧 Vb を分圧して求められる該充電電圧 Vb に相当する電圧 vb と、前記基準電圧源 12 によって生成された前記安全充電電圧 Vmax に相当する電圧 vmax とを比較するように構成される。

【0022】一方、前記異常検出回路 15 は前記電池 B の端子間電圧 (充電電圧) Vb を、予め設定された異常高電圧 Vover および異常低電圧 Vunder とそれぞれ比較し、上記充電電圧 Vb がその電圧範囲を外れたときに異常信号を発する。この異常信号の発生により、例えば前記直流電源 1 が緊急遮断され、また異常メッセージの出力等が行われる。上記異常高電圧 Vover および異常低電圧 Vunder は、Liイオン電池の場合、例えば 4.33 V および 2.70 V として設定される。

【0023】図 6 は上述した如く構成される充電制御回路 2 の具体的な回路構成例を示している。この回路例について簡単に説明すると、前記スイッチ素子 11 は、例えば 1 V 程度の低電圧で動作可能な大電力用電界効果トランジスタ、具体的には動作確認により選別された MOS 型の FET (米国 I R 社製; 型名 IRFP-054) からなる。このスイッチ素子 (FET) のソース電極およびドレイン電極は、専用ケーブルを介してコネクタ部 3 に接続されて、その電流ライン 11a が形成されている。またこの電流ライン 11a には、過大電流から FET を保護するためのヒューズ 11b が直列に介装される。

【0024】この FET を駆動する駆動回路 14 は高利得増幅器からなり、基準電圧源 12 からその非反転入力

端子(+)に与えられる基準電圧よりも高い電圧が、前記比較器 1 3 からその反転入力端子(-)に与えられたときに作動して前記 F E T をオンス動作させる。そしてその帰還抵抗と前記 F T E のソース電極側に直列に介装された抵抗とにより、該 F E T を定電流駆動するものとなっている。

【0025】一方、基準電圧源 1 2 は低消費電力型の定電圧電源 1 C となり、この充電制御回路 2 に印加される駆動電源電圧を受けて所定の基準電圧、例えば前述した安全充電電圧 V_{max} に相当する電圧 v_{max} としての 1.2 V の基準電圧を生成している。この基準電圧は前記駆動回路 1 4 をなす高利得増幅器に与えられると共に、比較器 1 3 および異常検出回路 1 5 にもそれぞれ与えられる。

【0026】しかし前記比較器 1 3 は高利得増幅器からなり、上記基準電圧 v_{max} (1.2 V) を非反転入力端子(+)に入力し、この基準電圧 v_{max} と前記停止電圧 V_{min} に相当する電圧 v_{min} とを閾値とするヒステリシス特性を実現している。そして比較器 1 3 のヒステリシス特性の下で前述した L i y o n 電池 B の端子間電圧 V_b を判定するべく、該 L i y o n 電池 B の端子間電圧 V_b を専用の電圧センシングラインを介して検出し、これを可変抵抗器を備えた分圧回路 1 3 a にて分圧して、その分圧電圧を反転入力端子(-)に入力している。

【0027】ちなみに前記 L i y o n 電池の安全充電電圧 V_{max} が前述したように 4.2 V に設定され、これに相当する基準電圧 v_{max} として前記基準電圧源 1 2 が 1.2 V の電圧を生成していることから、上記分圧回路 1 3 a ではその電圧比に応じて前記電池 B の端子間電圧 (充電電圧) V_b を $[1.2/4.2 (= 2/7)]$ に分圧して出力する如く、その分圧抵抗比が設定される。

【0028】また電池 B の異常電圧を検出する異常検出回路 1 5 も同様に高利得増幅器からなる比較器により構成される。但し、この異常検出回路 1 5 は、電池 B の異常電圧 V_{over} と異常低電圧 V_{under} とをそれぞれ独立に検出するべく 2 つの高利得増幅器 (比較器) を備えている。そして異常高電圧 V_{over} を検出する側の高利得増幅器 (比較器) では、前記基準電圧 v_{max} を非反転入力端子(+)に入力し、その反転入力端子(-)には分圧回路 1 5 a にて分圧された前記電池 B の端子間電圧 (充電電圧) V_b を入力している。また異常低電圧 V_{under} を検出する側の高利得増幅器 (比較器) では、前記基準電圧 v_{max} を反転入力端子(-)に入力し、また非反転入力端子(+)には分圧回路 1 5 b にて分圧された前記電池 B の端子間電圧 (充電電圧) V_b を入力している。

【0029】ちなみに分圧回路 1 5 a では、前述したように 4.23 V として設定される異常高電圧 V_{over} を検出するべく、電池 B の端子間電圧 (充電電圧) V_b を $[1.2/4.23]$ に分圧して出力する如く、その分圧比が設定されている。また分圧回路 1 5 b では 2.70 V とし

て設定される異常低電圧 V_{bel} を検出するべく、電池 B の端子間電圧 (充電電圧) V_b を $[1.2/2.7]$ に分圧して出力する如く、その分圧比が設定されている。

【0030】このように構成された異常検出回路 1 5 にて検出された異常検出信号、つまり 2 つの高利得増幅器 (比較器) の出力はダイオードを介して論理和 (OR) 処理された後、フォトカプラ 1 5 c を介して図 7 に示す如く構成される異常処理回路に出力される。この異常処理回路については後述する。次に図 8 乃至図 1 5 を参照して上述した充電装置の動作について説明する。

【0031】尚、本装置の充電制御作用を明確にするべく、組電池をなす 4 つの L i y o n 電池 B 1, B 2, B 3, B 4 を、一旦、最適充電電圧 V_{std} に均一に充電した後、各電池 B 1, B 2, B 3, B 4 を個別に充電させて故意にその充電残容量を異ならせて初期状態を設定した。各電池の B 1, B 2, B 3, B 4 の放電時間 (放電量) は、放電電流を 30 A として

L i y o n 電池 B 1 ... 50 分 (25.0 A h)
L i y o n 電池 B 2 ... 10 分 (6.0 A h)
L i y o n 電池 B 3 ... 35 分 (17.5 A h)
L i y o n 電池 B 4 ... 20 分 (10.0 A h)

とした。

【0032】またここでは前記各 L i y o n 電池 B 1, B 2, B 3, B 4 に流れる電流を I 1, I 2, I 3, I 4 とし、各充電制御回路 2 (2 a, 2 b, 2 c, 2 d) 側から上記 L i y o n 電池 B 1, B 2, B 3, B 4 の各接続点側に流れる電流を I 5, I 6, I 7 (プラス側) として説明する。図 8 は充電時における前述した各電流 I 1, I 2, ..., I 7 の時間的な変化を相互に対比して示しており、図 9 はこれを分解して示している。また図 1 0 乃至図 1 5 は充電過程における各タイミングでの、電流の流れる様子をそれぞれ模式的に示している。

【0033】直流電源 1 を作動させて組電池に対する電流の供給を開始すると (タイミング T 1)、前記各 L i y o n 電池 B 1, B 2, B 3, B 4 は、前述したようにそれぞれ充電させた状態、即ち、完全充電 (満充電) 状態ではないのでその内部インピーダンスが低くなっている。この故、直流電源 1 を作動させると、図 1 0 に示すように該直流電源 1 の最大供給電流 I_k がそのまま L i y o n 電池 B 1, B 2, B 3, B 4 に流れ、充電電流 I 1, I 2, I 3, I 4 として各 L i y o n 電池 B 1, B 2, B 3, B 4 に充電する。このとき各 L i y o n 電池 B 1, B 2, B 3, B 4 には高インピーダンス状態の充電制御回路 2 a, 2 b, 2 c, 2 d がそれぞれ並列に接続されているので、各 L i y o n 電池 B 1, B 2, B 3, B 4 の端子間には、直流電源 1 からの印加電圧をほぼ等分した電圧が加わった状態となっている。

【0034】しかし充電時間の経過に伴い、或る L i y o n 電池 B、この場合には初期時における充電残容量が一番高かった 2 段目の L i y o n 電池 B 2 の充電容量が満充電に近付いてその充電容量が大きくなると、これに

伴ってその内部インピーダンスが高くなる。すると直流電源 1 から供給される電流 I が減少し始め、また直流電源 1 は定電圧動作するようになる。

【0035】このとき、逸早く満充電に近付いた上記 2 段目の Liイオン電池 B2 の内部インピーダンスだけが高くなるので、その端子間電圧 V_{b2} が他の Liイオン電池 B1, B3, B4 の端子間電圧 V_{b1} , V_{b3} , V_{b4} よりも高くなる。そして 2 段目の Liイオン電池 B2 の端子間電圧 V_{b2} が前述した安全充電電圧 V_{max} に達すると (タイミング T2)、該電池 B2 に並列接続されている充電制御回路 2b のスイッチ素子 11 が導通駆動 (オン動作) される。

【0036】すると充電制御回路 2b のスイッチ素子 11 は、前述したように定電流駆動されることから、図 11 に示すようにこの充電制御回路 2b を介して組電池側から一定量 (3A) のバイパス電流 I_b が強制的に引き込まれることになる。このとき、他の充電制御回路 2a, 2c, 2d のスイッチ素子 11 は共にオフ状態にあるので、1 段目と 2 段目の Liイオン電池 B1, B2 の接続点 (2 段目の Liイオン電池 B2 の正極側) から、上記の如くオン動作した充電制御回路 2b の正極側に向けて電流 I₅ (マイナース) が流れ、同時に上記充電制御回路 2b の負極側から 2 段目と 3 段目の Liイオン電池 B2, B3 の接続点 (2 段目の Liイオン電池 B2 の負極側) に向けて電流 I₆ (プラス) が流れる。この結果、2 段目の Liイオン電池 B2 に供給されていた充電電流 I が上記バイパス電流 I_b 分だけ低減され、該電池 B2 に流れる電流 I は [I - I_b] と垂下する。そして 2 段目の Liイオン電池 B2 の充電電流量 I₂ が小さく押さえられ、またその端子間電圧 V_{b2} も略上記安全充電電圧 V_{max} に押さえられることになる。

【0037】尚、この際、充電制御回路 2b のオン動作により、該充電制御回路 2b の内部インピーダンス ($V_{max}/I_b = 4.2V/3A = 1.4\Omega$) が 2 段目の Liイオン電池 B2 に並列に作用するので、2 段目の Liイオン電池 B2 の両端間の見掛け上のインピーダンスが若干減少する。この結果、そのインピーダンスの減少分、直流電源 1 から供給される電流、つまり各 Liイオン電池 B1, B2, B3, B4 に流れる電流 I₁, I₂, I₃, I₄ が僅かに増える。

【0038】この状態で各 Liイオン電池 B1, B2, B3, B4 に対する充電が進められると、その充電容量が増大するに従って各 Liイオン電池 B1, B2, B3, B4 の内部インピーダンスが高くなる。特に 2 番目に充電容量が大きかった 4 段目の Liイオン電池 B4 が満充電に近付くので、その内部インピーダンスが次第に増大する。この影響を受けて各 Liイオン電池 B1, B2, B3, B4 に流れる電流 I₁, I₂, I₃, I₄ は漸減する。

【0039】さて Liイオン電池 B1, B2, B3, B4 に対する充電が進んで 4 段目の Liイオン電池 B4 が満充電に近

付くと、その内部インピーダンスの増大に伴って該 4 段目の Liイオン電池 B4 の端子間電圧 V_{b4} が高くなる。そしてこの 4 段目の Liイオン電池 B4 の端子間電圧 V_{b4} が安全充電電圧 V_{max} に達すると (タイミング T3)、該電池 B4 に並列接続されている充電制御回路 2d のスイッチ素子 11 が導通駆動 (オン動作) される。この結果、図 12 に示すように、充電制御回路 2d のスイッチ素子 11 が一定量 (3A) のバイパス電流 I_b を強制的に引き込む。このときその上段の 3 段目の充電制御回路 2c がオフ状態であるので、3 段目と 4 段目の Liイオン電池 B3, B4 の接続点から充電制御回路 2d の正極側に向けて電流 I₇ (マイナース) が流れる。そして 4 段目の Liイオン電池 B4 に供給されていた充電電流 I が上記バイパス電流 I_b 分だけ低減されることになり、該電池 B4 に流れる電流 I₄ は [I - I_b] と垂下する。また 4 段目の Liイオン電池 B4 の端子間電圧 V_{b4} は、大略上記安全充電電圧 V_{max} に押さえられる。

【0040】このとき、充電制御回路 2d のオン動作により、該充電制御回路 2d の内部インピーダンスが 4 段目の Liイオン電池 B4 に並列に作用し、Liイオン電池 B4 の両端間の見掛け上のインピーダンスが低下する。しかもこの時点においては、1 段目および 3 段目の Liイオン電池 B1, B3 は未だ充電不足の状態であるので、その内部インピーダンスが低い状態にある。この結果、タイミング T3 に示すようにそのインピーダンスが低くなった分、直流電源 1 から供給される電流 I、つまり各 Liイオン電池 B1, B2, B3, B4 に流れる電流 I₁, I₂, I₃, I₄ が或る程度大きく増大する。そしてこの状態で各 Liイオン電池 B1, B2, B3, B4 に対する充電が引き続いて行われることになる。

【0041】またこのとき、2 段目および 4 段目の Liイオン電池 B2, B4 の端子間電圧 V_{b2} , V_{b4} が前述したようにそれぞれ安全充電電圧 V_{max} に押さえられているので、前記直流電源 1 から印加される定電圧 V_k ($1.6 \cdot 6V$) の内、残された電圧分 ($V_k - 2 \cdot V_{max}$) は、未だ充電不足の状態にあり、内部インピーダンスの低い 1 段目および 3 段目の Liイオン電池 B1, B3 の両端間に配分されて加わる。従ってこれらの Liイオン電池 B1, B3 の端子間電圧 V_{b1} , V_{b3} は低く押さえられた状態にある。

【0042】ところでこのような状態で充電が続く、1 段目および 3 段目の Liイオン電池 B1, B3 の充電容量が次第に増し、特に 3 番目に充電残容量の大きかった 3 段目の Liイオン電池 B3 が満充電に近付いてその内部インピーダンスが大きくなると、直流電源 1 から供給される電流 I (Liイオン電池 B1, B2, B3, B4 の各電流 I₁, I₂, I₃, I₄) が徐々に少なくなる。そして図 8 および図 9 に示すように 2 段目および 4 段目の Liイオン電池 B2, B4 の電流 I₂, I₄ が負の領域に入り込む。

【0043】即ち、直流電源 1 から供給される電流 I が少なくなるとともに拘わらず、Liイオン電池 B2 に対して並

列に作用する充電制御回路 2b が一定のバイパス電流 I b を強制的に引き込み続けるので、L i オン電池 B 1 から電流 I 1 に対する不足分が L i オン電池 B 2 から補われるようになる。つまり L i オン電池 B 2 から電流 I 2 (= I b - I) が取り出されることになり、L i オン電池 B 2 が放電する。また同様に充電制御回路 2d も一定のバイパス電流 I b を強制的に引き込み続けるので、4 段目の L i オン電池 B 4 から不足電流分が取り出されることになり、その放電が行われる。

【0044】するとその放電によって L i オン電池 B 2, B 4 の充電電圧 (端子間電圧) V b2, V b4 が徐々に低下する。ところが先にほぼ満充電に到達した 2 段目の L i オン電池 B 2 の方が先にほぼ満充電に到達した状態にあるので、その電池特性に依存して 4 段目の L i オン電池 B 4 に比較して放電による電圧変動 (電圧降下) が大きく生じる。この為、L i オン電池 B 2 の端子間電圧 (充電電圧) V b2 が L i オン電池 B 4 の端子間電圧 V b4 よりも速早く、前述した比較器 13 のヒステリシス特性によって決定される前記停止電圧 V min よりも低くなる。この結果、充電制御回路 2b のスイッチ素子 11 がオフ動作してそのバイパス電流 I b の強制的な引き込みが中止され、作に伴って前述した電流 I 5, I 6 が零 (0) となり、図 13 に示すように 1 段目の L i オン電池 B 1 に流れ、電流 I 1 がそのまま L i オン電池 B 2 に流れ込むようになる。従って L i オン電池 B 2 は再度、電流 I 2 (= I) により充電されることになる。

【0045】しかし L i オン電池 B 4 には、前記 L i オン電池 B 2 に比較してその充電容量が少ないので、その放電による充電電圧の変動が少なく、充電制御回路 2b のスイッチ素子 11 のオン状態がそのまま継続する。従って 4 段目の L i オン電池 B 4 は微小電流での放電を継続することになる。この際、充電制御回路 2b のオフ動作によってそのスイッチ素子 11 が L i オン電池 B 2 から切り離されるので、L i オン電池 B 2 に対して並列に作用していた上記スイッチ素子 11 のインピーダンスがなくなると、L i オン電池 B 2 の両端間の見掛け上のインピーダンスが若干高くなる。この結果、直流電源 1 から供給される電流 I (L i オン電池 B 1, B 2, B 3, B 4 に流れる電流 I 1, I 2, I 3, I 4) が若干低下する。また L i オン電池 B 2 の端子間電圧 V b2 は、その充電の再開によって前述した最適充電電圧 V std まで上昇することになる。

【0046】さて上述したようにして 2 段目の L i オン電池 B 2 の充電が再開されると、これによって再び該 L i オン電池 B 2 の充電容量が増え、その内部インピーダンスが高くなって端子間電圧 V b2 も次第に高くなる。そして L i オン電池 B 2 の端子間電圧 V b2 が再び前記安全充電電圧 V max に達すると (タイミング T 5)、これによって充電制御回路 2b のスイッチ素子 11 が再びオ

ン動作し、一定の電流 I b が引き込まれる。同時に図 12 に示すように前述した電流 I 5, I 6 が流れる。

【0047】しかしこの場合、既に直流電源 1 から供給される電流 I が低減しているのので、2 段目の L i オン電池 B 2 からの放電が直ぐに始まり、比較的短時間の内に L i オン電池 B 2 の端子間電圧 V b2 が低下する。また前述した 4 段目の L i オン電池 B 4 の放電も進行していることから、その端子間電圧 V b4 も低下している。この結果、充電開始から或る程度の時間が経過して、前述した 2 段目および 4 段目の L i オン電池 B 2, B 4 のみならず、1 段目および 3 段目の L i オン電池 B 1, B 3 が満充電状態に近付いている状態では、前記 2 段目および 4 段目の L i オン電池 B 2, B 4 は、スイッチ素子 11 のオン・オフ動作に伴う充電を繰り返しながら満充電状態を維持する。そして、例えばタイミング T 6 においてその放電により L i オン電池 B 2, B 4 の端子間電圧 V b2, V b4 が共に停止電圧 V min よりも低下すると、充電制御回路 2b, 2d の各スイッチ素子 11 が共にオフ動作し、図 10 に示すように全ての充電制御回路 2 (2a, 2b, 2c, 2d) の電流引き込みが停止する。

【0048】尚、このように全ての L i オン電池 B 1, B 2, B 3, B 4 が満充電状態に至るまでには、例えば 3 段目の L i オン電池 B 3 の端子間電圧 V b3 が上昇し、図 14 に示すように充電制御回路 2c のスイッチ素子 11 がオン動作して、L i オン電池 B 3 に流れる電流 I 3 を引き込むこともある。これらの充電制御回路 2 (2a, 2b, 2c, 2d) の各動作は前記 L i オン電池 B 1, B 2, B 3, B 4 の充電状態に応じて変化するが、最終的には満充電状態に達した L i オン電池 B の放電作用によってその端子間電圧 V b が低下し、一時的に前記停止電圧 V min を下回るので、全ての充電制御回路 2 (2a, 2b, 2c, 2d) のスイッチ素子 11 がオフ動作することになる。

【0049】このとき、各 L i オン電池 B 1, B 2, B 3, B 4 はそれぞれ満充電された状態となり、その内部インピーダンスもほぼ等しくなる。従ってこれらの L i オン電池 B 1, B 2, B 3, B 4 の端子間電圧 V b は、前記直流電源 1 から印加される電圧 V k をほぼ等分割した電圧、つまり最適充電電圧 V std に落ち着く。そしてこの状態で、直流電源 1 から微小な電流 I が供給され続ける。この微小な供給電流 I は、丁度、各 L i オン電池 B 1, B 2, B 3, B 4 の自己放電電流に相当するものである。従って上記微小な供給電流 I によって各 L i オン電池 B 1, B 2, B 3, B 4 が、所謂だめ押しの充電され、その自己放電が防止されることになる。

【0050】尚、充電完了した L i オン電池 B 1, B 2, B 3, B 4 に対する微小な充電電流 I の供給を長時間に亘って継続させても、それ以上、その充電容量を高めることはできず、却って過充電等の虞が生じるので、或るタイミング T 7 にて充電電流 I の供給を停止するようにすれば良い。この充電電流 I の供給の停止タイミングにつ

いては、後述するようにタイマー管理することが望ましい。

【0051】以上が本発明の実施形態に係る充電装置の基本的な動作の形態である。この基本動作を要約すれば、Liイオン電池B1、B2、B3、B4にそれぞれ並列に設けられた充電制御回路2a、2b、2c、2dは、上記各Liイオン電池B1、B2、B3、B4の端子間電圧Vbに依りて、該Liイオン電池B1、B2、B3、B4にそれぞれ流れる電流I1、I2、I3、I4を選択的に一定量だけ強制的に引き込むものとなっている。従って充電開始時に前記各Liイオン電池B1、B2、B3、B4の充電容量にバラツキがあっても、その充電時における充電容量の増大に伴う内部インピーダンスの変化、ひいては端子間電圧Vbの変化を利用して、満充電状態に近付いたLiイオン電池Bから一定量の電流を引き出すので、その充電状態に応じて放電させながら各Liイオン電池B1、B2、B3、B4を効率的に充電することができる。

【0052】特に直流電源1から印加される電圧V_kを、各Liイオン電池B1、B2、B3、B4にて分圧しながら、その端子間電圧V_bを超過充電電圧V_{std}に揃えることで、その充電容量をそれぞれ満充電状態に導くので充電効率が高く、短時間に充電を完了し得る。ちなみに満充電に至った電池が検出される都度、その直流電源を制御して供給電流量を減らすようになると、未充電状態にある電池に対する充電時間が長くなる。また前述した公報に示されるように、充電電圧の大きい電池に対する充電電流をバイパスするようになると、その電池が未充電状態であっても充電電流が減らされることになるので、やはり満充電に至るまでの充電所要時間が長くなる。

【0053】この点、本装置によれば、電池が満充電状態に近づくまで一気に充電した後、その電池に対する充電電流を減らし、或いは放電させながら未充電状態にある電池に対する最大充電電流を確保するので、全体的な充電時間が長くなることはない。従って充電開始時における電池の充電容量に応じた最短時間で、効率的に充電を行うことができる。

【0054】ところで前述した如く異常検出回路15で検出される異常高電圧、或いは異常低電圧は、図7に示す如く構成された異常処理回路に導かれる。この異常処理回路は、基本的には本装置の動作状態をモニタリングして、その状態を表示すると共に、異常検出時には前記直流電源1の動作を緊急停止させるものである。この異常処理回路について簡単に説明すると、前記充電制御回路2a、2b、2c、2dの各異常検出回路15で検出された異常高電圧、或いは異常低電圧を示す異常信号は、ワイヤード・オア（論理和）処理されてバッファ21（インバータ回路）21に取り込まれる。このバッファ21は、フォトカソード22aを介して異常電圧の発生を示す発光ダイオード23を駆動する如く構成されている。

【0055】また前記Liイオン電池B1、B2、B3、B4に

は、その温度上昇を検出してオフ動作する常閉型の温度センサ4a、4b、4c、4dがそれぞれ取り付けられている。これらの温度センサ4a、4b、4c、4dは直列接続されたもので、異常処理回路のバッファ（インバータ回路）24はその端子間電圧を検出している。このバッファ24は、Liイオン電池B1、B2、B3、B4の温度上昇に伴って温度センサ4a、4b、4c、4dの1つがオフ動作したとき、これを検出して温度上昇表示用の発光ダイオード25を発光駆動する。この発光ダイオード25の駆動はフォトカソード22bを介して行われる。

【0056】また異常処理回路に組み込まれたタイマー26は、前記直流電源1の作動によってトリガされ、予めプリセットされた充電管理時間を計測する。このタイマー26の出力を受けて前記Liイオン電池B1、B2、B3、B4の冷却用のファンモータ27が駆動され、またインバータ28を介して充電中を示す発光ダイオード29が発光駆動される。尚、上記インバータ28の出力端にはフォトカソード22cを介して充電完了を示す発光ダイオード30が接続されており、前記充電中を示す発光ダイオード29と相反的に発光駆動されるようになっている。

【0057】更にこの異常処理回路には、過電流状態を示す発光ダイオード31が組み込まれている。この発光ダイオード31はフォトカソード22dを介して、前記直流電源1に組み込まれた電流制限スイッチ（図示せず）の補助接点32の導通によって発光駆動される。そして前記発光ダイオード23、25、30、31の発光駆動を伴う異常状態の検出時には、該発光ダイオード23、25、30、31の発光状態が前記フォトカソード22a、22b、22c、22dを介して検出され、その出力にて前記直流電源1の作動が緊急停止されるようになっている。

【0058】尚、このようにして検出される充電状態の異常については、例えば異常検出信号として外部出力することにも勿論可能である。かくしてこのような異常処理回路を備えた充電装置によれば、組電池を構成するLiイオン電池B1、B2、B3、B4の充電状態を監視しながらその充電を進めることができるので、異常状態の発生に速やかに対処することが可能となる等の効果が奏せられる。

【0059】尚、本発明は上述した実施例に限定されるものではない。例えばLiイオン電池の直列接続数を2個或いは3個としたり、逆に更に増やすことも可能である。またLiイオン電池等の非水系電池に限らず、鉛蓄電池等の水系電池を充電する場合にも同様に適用可能である。更には、前述した実施形態に示した最大供給電流I_kや、スイッチ素子11によるバイパス電流I_b、またスイッチ素子11を選択的に駆動する為の安全充電電圧V_{max}や停止電圧V_{min}等については、充電対象とする電池の特性に依りて定めれば良いものである。要はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができ

る。

【0060】 以上説明したように本発明によれば、複数の電池を直列接続した組電池の両端間に、規定された最大供給電流量で定電流動作する直流電源を接続することとで、電池がその充電容量に応じた内部インピーダンス変化を生じるまで上記最大供給電流量にて充電するようにし、充電容量の増大に伴う内部インピーダンスの変化によって電池の端子間電圧が安全充電電圧に到達した場合には、その電池に接続されたスイッチ素子を定電流駆動することと、該電池に対する充電電流を一定量低減した他の安全充電電圧に到達していき込んだ電流分を戻すこととで、そのときの最大充電電流を確保している。そして上記スイッチ素子の定電流駆動によって電池に対する充電電流が負となり放電が生じ、その端子間電圧が低下した場合には、スイッチ素子をオフ動作させることとでその電池に対する充電を再開させるものとなっている。

【0061】 従って本発明によれば、各電池の充電容量の変化に応じた端子間電圧の変化を利用して、満充電に近付いた電池に流れる電流を一定量強制的に引き込み、適宜充放電させながら、他の未充電状態にある電池を常に最大充電電流にて効率的に充電するので、各電池をバランズ良く最適充電電圧に充電し、しかもその充電効率を高めることができる。しかもその構成が比較的簡単であり、充電制御精度も十分に高くすることができる等の多大なる効果が奏せられる。

【0062】 また請求項2に記載するように充電制御回路に加わる電圧の範囲内で、電池の安全充電電圧および最適充電電圧と電池の端子間電圧との比較を高精度に行うので、充電制御回路から独立した電源装置を用いることなく、スイッチ素子の動作を制御することができ、その構成の簡素化を図ることができる。更に請求項3に記載の発明によれば、前記各充電制御回路における前記スイッチ素子の電流ラインを、比較器や駆動回路等の電源ラインとは独立させているので、スイッチ素子の作動状態に影響されることなく電池の端子間電圧の変化に応じた高精度な制御動作を保証し得る。また請求項4に記載の発明によれば、更に前記各充電制御回路に前記電池の過充電および過放電を監視する異常検出回路を設け手の発生を簡単にモニタリングし、その異常に速やかに対処することができる等の実用上多大なる効果が奏せられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態に係る充電装置の概略構成図。

【図2】 実施形態に係る充電装置で用いられる直流電源の動作特性を示す図。

【図3】 実施形態に係る充電装置を複数個用いて多数の電池を充電する場合の接続構造を示す図。

【図4】 図1に示す充電装置における充電制御回路の概略構成図。

【図5】 図4に示す充電制御回路における比較器のヒステリシス特性を示す図。

【図6】 図1に示す充電装置における充電制御回路の具体的な構成例を示す図。

【図7】 図1に示す充電装置に組み込まれる異常処理回路の構成例を示す図。

【図8】 図1に示す充電装置による組電池の充電時における各部の電流の変化を対比して示す図。

【図9】 図1に示す充電装置による組電池の充電時における各部の電流の変化を、電流成分毎に分解して示す図。

【図10】 組電池を構成する複数の電池と充電制御回路との間に形成される電流路の第1の形態を模式的に示す図。

【図11】 組電池を構成する複数の電池と充電制御回路との間に形成される電流路の第2の形態を模式的に示す図。

【図12】 組電池を構成する複数の電池と充電制御回路との間に形成される電流路の第3の形態を模式的に示す図。

【図13】 組電池を構成する複数の電池と充電制御回路との間に形成される電流路の第4の形態を模式的に示す図。

【図14】 組電池を構成する複数の電池と充電制御回路との間に形成される電流路の第5の形態を模式的に示す図。

【符号の説明】

B1, B2, B3, B4 Liイオン電池

1 直流電源

2 (2a, 2b, 2c, 2d) 充電制御回路

3 コネクタ部

11 スイッチ素子

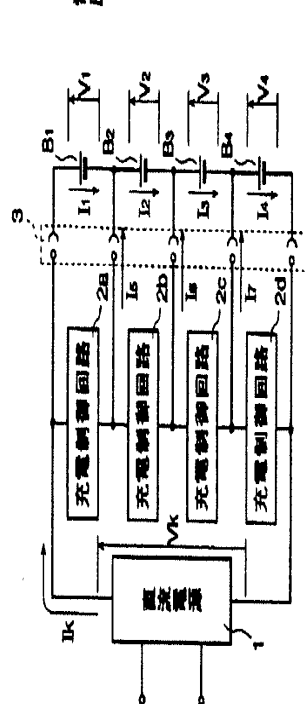
12 基準電圧源

13 比較器

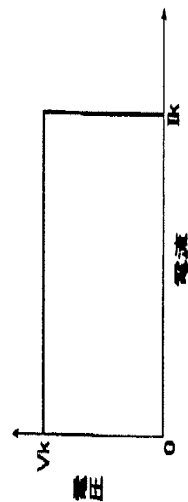
14 駆動回路

15 異常検出回路

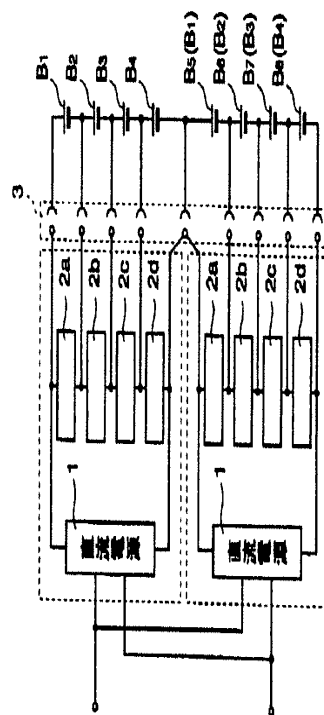
【図 1】



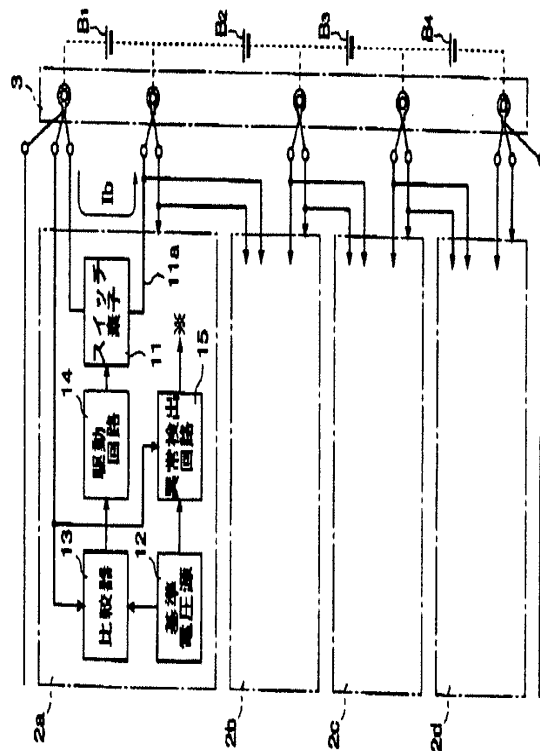
【図 2】



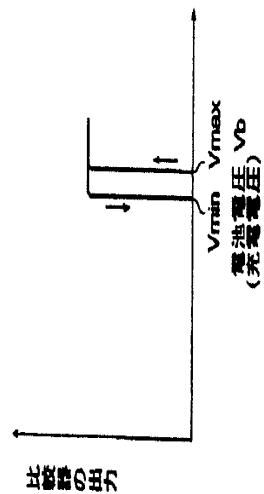
【図 3】



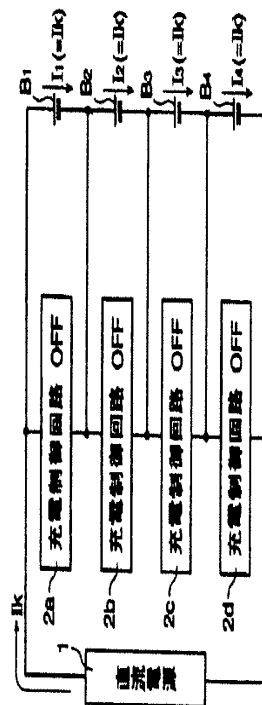
【図 4】



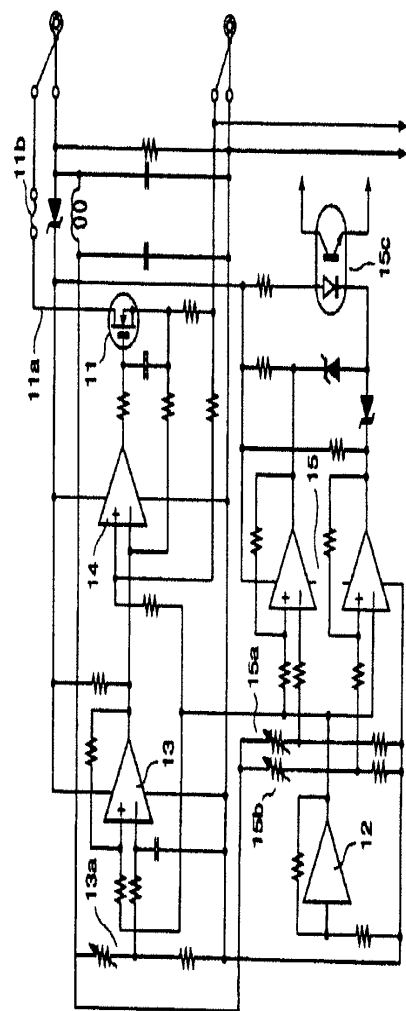
【図 5】



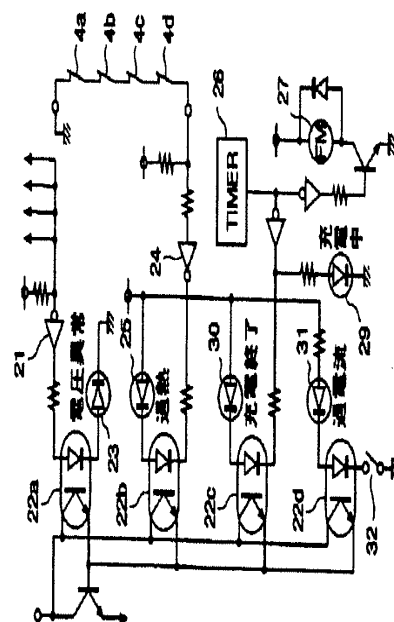
【図 10】



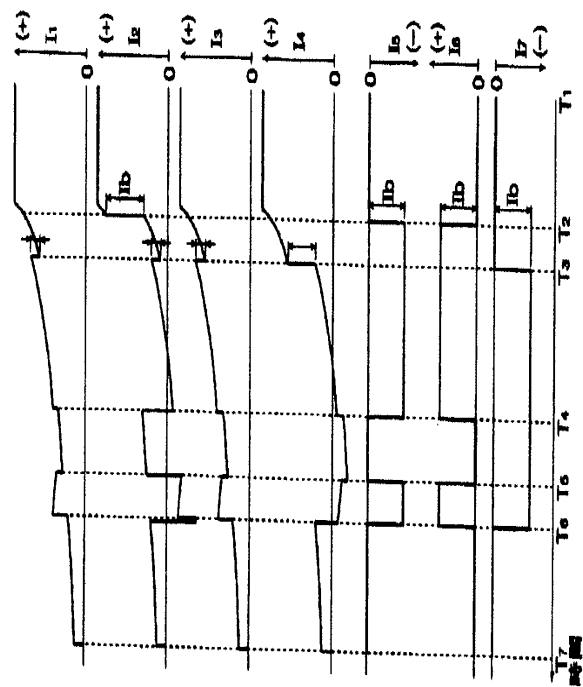
【図 6】



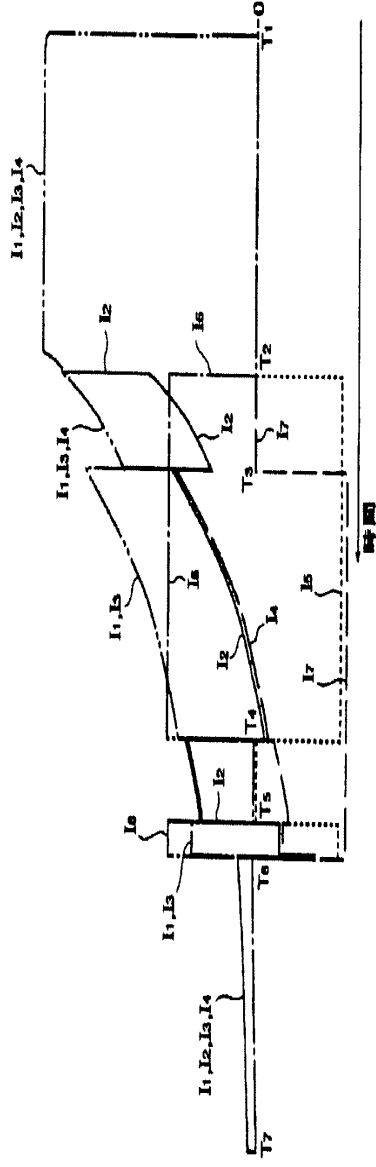
【図 7】



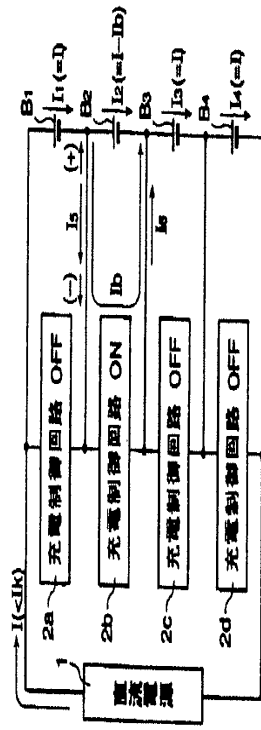
【図 9】



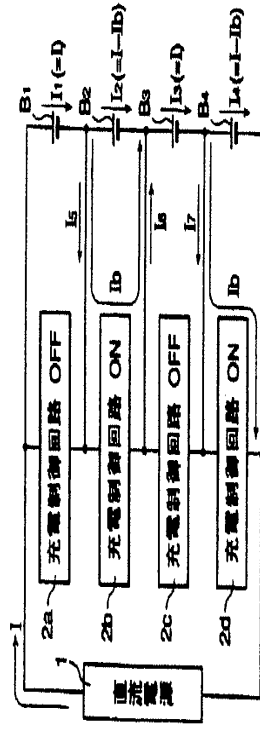
【図 8】



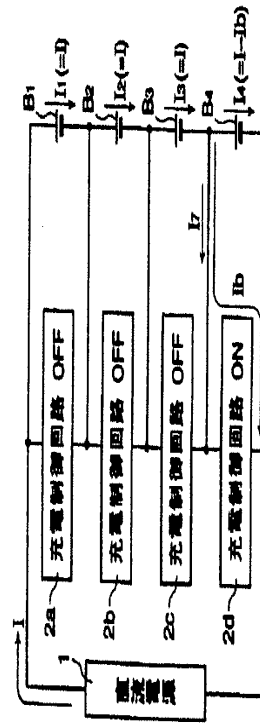
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

